

タンパク質の消化吸収に対する食物繊維の影響

平 野 千 鶴、藤 森 直 江、菊 野 恵一郎

今日、食物繊維を含む多くの加工食品が市販されており、第6の栄養素として食物繊維が脚光を浴びている。食物繊維は単に便秘を予防するだけでなく、大腸癌をはじめ、糖尿病・動脈硬化・高血圧・胆石・大腸憩室など現代人のかかりやすい病気の多くを予防することが確かめられている¹⁾。しかし、このような種々の有効な作用がある反面、他の栄養素の消化を妨げるという作用に着目し、ここでは、食物繊維の種類や摂取量によって、タンパク質の消化吸収率がどのように影響されるのかを調べてみた。

食物繊維は、セルロースパウダー（オリエンタル酵母製、以下セルロースと称す。）とごぼうから抽出した繊維（市販ごぼうを水煮して乾燥粉末にしたもの、以下ごぼうと称す。）を用いて動物実験を行い、みかけの消化率を求め比較検討を行った。

実験方法

実験は、1と2の2回行った。実験1は、無繊維飼料と5%繊維配合飼料、10%繊維配合飼料（それぞれセルロース、ごぼう）を与えた。無繊維飼料を与えると糞量が少なかったため、無繊維飼料群の糞を合わせて分析した。このため、個体による変動を確かめられなかつ

表1 群 分 け

実験番号	群	繊維の種類と含量
実験1	1	無 繊 維
	2	5%セルロース
	3	5%ご ぼ う
	4	10%セルロース
	5	10%ご ぼ う
実験2	6	無 繊 維
	7	無 繊 維

たので、追実験として実験2を行った。実験2では2群に分け、両群に無繊維飼料を与えた。群分けを表1に示した。

1) 動物実験

動物は、SD系雄ラット（実験1・2ともに6週齢、日本チャールズリバー社）を用い、実験1の1群は7匹、他群は6匹、実験2の6群は8匹、7群は7匹とした。飼育室の室温は $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で、照明は12時間自動点滅調整（7:00～19:00の間を明期とした）し、代謝ケージで個別飼育した。

体重及び残飼量の測定は、毎日同一時刻に行い、飲用水は水道水を自由摂取させた。

飼育期間は、実験1では平成元年7月14日～8月11日、実験2は平成元年11月26日～12月19日であった。実験1は14日間、実験2は9日間を予備実験として、本実験は両群ともに15日間とした。

2) 飼料組成及び給餌方法

飼料中の繊維量の算出は、それぞれの繊維を同じ割合で配合させるため、セルロースとごぼうの食物繊維量をNDF法で測定し調製した。また、飼料中の窒素量についても同様に、両繊維の窒素量を測定し調製した。飼料組成を表2に示した。

給餌方法は全てpair feedingで給餌し、飼料と同様かそれ以下の水を加えて練り、餅状にして1日1回給餌した。

3) 排泄物の採取

本実験1週目と2週目の最終3日間の糞を採取し、真空凍結乾燥機F-20(日本フリーザー

表2 飼料組成 (%)

成 分	無繊維飼料	5%繊維配合飼料		10%繊維配合飼料	
		セルロース	ごぼう	セルロース	ごぼう
カゼイン ¹⁾	18	18	16.9	18	15.9
シュクロース ²⁾	68.8	63.6	58.9	58.4	48.9
セルロースパウダー ²⁾	—	5.2	—	10.4	—
ごぼうの繊維	—	—	11.0	—	22.0
大豆白絞油 ²⁾	8	8	8	8	8
ミネラル混合物 ³⁾	4	4	4	4	4
ビタミン混合物 ³⁾	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

1): 和光純薬製カゼイン

2): オリエンタル酵母製

3): オリエンタル酵母製オリエンタル配合

株式会社製)において140時間乾燥させたのち、粉碎し試料とした。

4) ごぼう繊維の抽出

市販ごぼうを、皮をむいてさがきにした後、流水にてあくを抜き、水煮してからミキサーにて粉碎し、ガーゼで水気をしぼった。その後、水流いをして水気を切り、この操作を2回くり返した後、アルコールで脱水し濾過した。これを2回くり返した後、乾燥器にて乾燥した。抽出結果を表3に示した。

4) 窒素量の測定

窒素量はケルダール法にて測定した。

5) 食物繊維の測定

食物繊維はNDF法²⁾にて測定した。

表3 ごぼうの繊維の抽出

ごぼう生の重量(g)	繊維抽出量(g)	収量(%)
83,302.8	2,265.8	2.7

表4 両繊維の食物繊維量及び、両繊維・カゼインの窒素量

	(mg/g)	
	食物繊維量	窒素量
セルロースパウダー	95.78±0.25	0.15±0.01
ごぼうの繊維	45.63±0.47	13.16±0.27
カゼイン	——	134.41±0.52

表5 飼料中の食物繊維量と窒素量

		(mg/g)	
飼	料	食物繊維量	窒素量
実験1			
無	繊維	1.14±0.06	26.39±0.32
5%繊維配合	セルロース	6.38±0	26.04±0.11
	ごぼう	5.64±0.21	26.43±1.26
10%繊維配合	セルロース	11.32±0.05	25.39±0.92
	ごぼう	11.16±0.81	24.93±1.46
実験2			
無	繊維	1.15±0.06	23.26±0.55

実験結果

1) 繊維及び飼料の分析

セルロース、ごぼうの食物繊維量、両繊維及びカゼインの窒素量を表4に、飼料中の食物繊維量・窒素量を表5に示した。

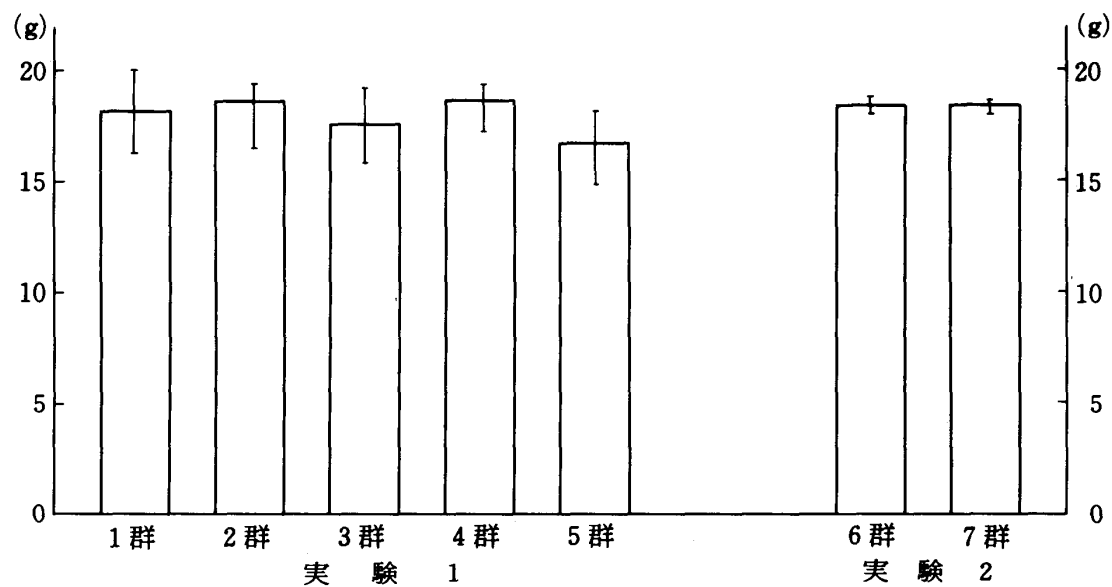


図1 本実験中の1日当りの群別飼料摂取量

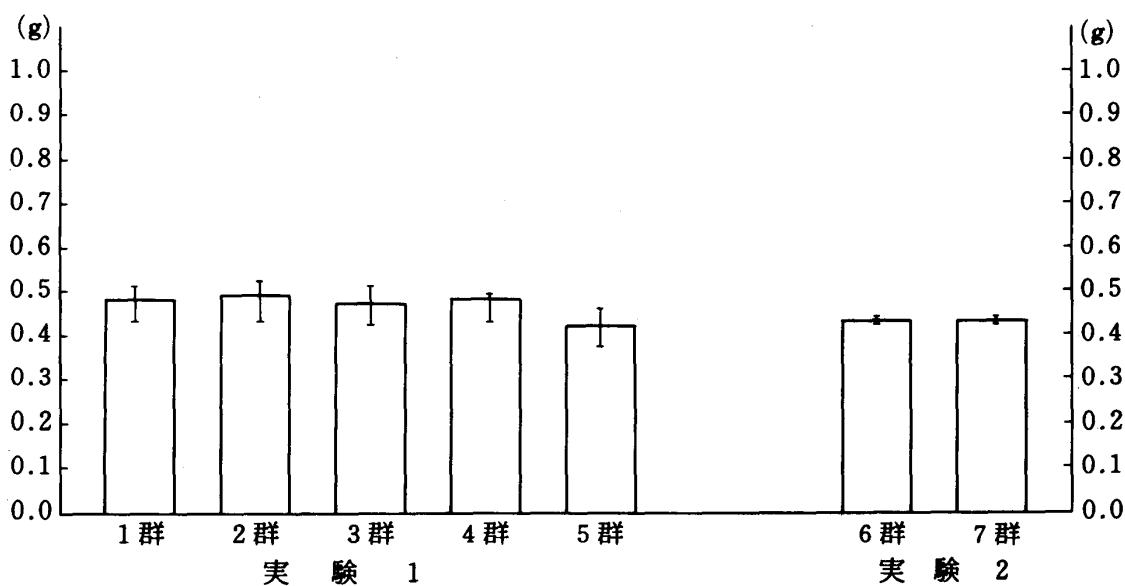


図2 本実験中の1日当りの群別窒素摂取量

2) 飼育結果

本実験中の飼料摂取量を図1に、窒素摂取量を図2に示した。1日当りの飼料摂取量は殆ど同じであった。窒素摂取量に差があるのは、飼料中窒素量の違いによるものである。

体重指数曲線を図3・4に示した。実験1の5群は、4群以外の全ての群間に有意差が認められ、その中でも2群との差が、著しく認められた。実験2では認められなかった。

(体重指数)

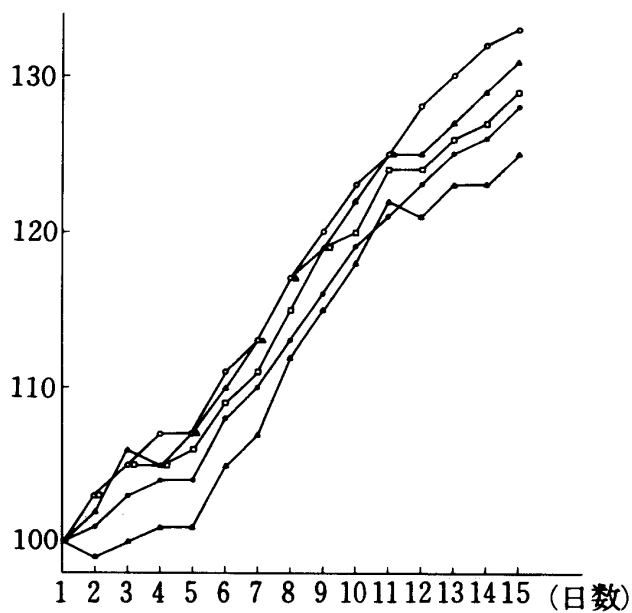


図3 実験1の体重指数曲線

(体重指数)

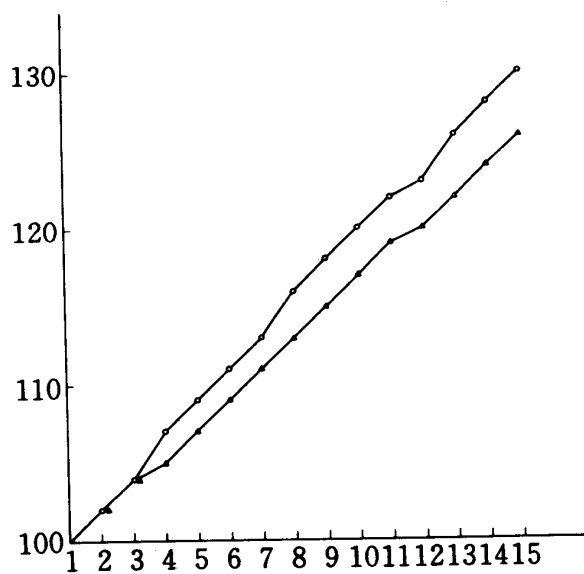


図4 実験2の体重指数曲線

表6 採糞期間中のラット1匹当りの糞量(g)

実験番号	群	1 週 目	2 週 目
実験 1	1	1.23±0.29	1.51±0.25
	2	4.08±0.38	5.43±0.32
	3	6.08±0.62	6.31±0.57
	4	5.39±2.71	7.13±1.10
	5	14.43±4.52	11.57±1.02
実験 2	6	1.51±0.36	1.10±0.26
	7	1.76±0.25	1.49±0.16

表7 無繊維群の消化率(%)

実験番号	群	1 週目	2 週目
実験 1	1	97.29	96.69
	2	97.21	97.47
実験 2	6	96.35	96.45
	7		

表8 みかけの消化率及び週別有意差(%)

群	1 週 目	2 週 目	有意差
1	96.95±0.52	96.91±0.47	—
2	97.28±0.39	95.56±1.30	**
3	92.44±0.86	91.34±0.39	*
4	96.93±1.38	95.44±0.52	*
5	87.82±2.24	85.83±1.21	—

—: $P > 0.05$ * : $P \leq 0.05$ ** : $P \leq 0.01$

表9 群別有意差

群	1 週 目					群	2 週 目				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1		—	***	—	***	1		—	***	**	***
2			***	—	***	2			***	—	***
3				***	**	3				***	***
4					**	4					***
5						5					

—: $P > 0.05$ ** : $P \leq 0.01$ *** : $P \leq 0.01$

3) 糞 量

採糞期間中に採取した糞の乾燥後の重量を表6に示した。実験1の1群、実験2の6・7群は、実験1の5群に比べると、約10分の1の量であった。その他は、殆ど同じであった。

4) 消 化 率

無繊維群である実験1の1群、実験2の6・7群の消化率を表7に示した。

前述のとおり、これらの群は糞量が少なく、群間内の糞を混合して窒素の測定を行ったが、殆ど差が見られないので、6・7群を1群に含めて、他の群との比較に用いた。

消化率を表8に示した。2・3・4群は、1週目と2週目の間に有意差が認められた。

群別にみると、1週目の1・2群間、1・4群間、2・4群間、2週目の1・2群間、2・4群間には有意差は認められなかったが、他の群間には認められた。(表9)

考 察

食物繊維とタンパク質の消化吸収の関係は、一般には、食物繊維を摂取すると、糞中のタンパク質の排泄を増加させ、タンパク質のみかけの消化率を低下させる³⁾といわれている。今回の実験では、10%ごぼう(5群)の消化率が一番悪く、同割合で配合させた10%セルロース(4群)と比較すると、著しく有意差が認められた。結果から、繊維含有量だけでなく、繊維の種類によっても、消化率は影響されると思われる。無繊維(1群)と5%セルロース(2群)、10%セルロース(4群)を比較すると、1週目はそれぞれ $96.95 \pm 0.52\%$ 、 $97.28 \pm 0.39\%$ 、 $96.93 \pm 1.38\%$ と3群間に有意差は認められず、2週目においては1群と4群がそれぞれ、 $96.87 \pm 0.53\%$ 、 $95.44 \pm 0.52\%$ と有意差が認められたが、1・2群間、2・4群間には認められなかった。Slavinらの実験で、精製したセルロースパウダーを人に投与した時、糞中への窒素の排泄に殆ど影響がなく、タンパク質の消化率の低下は殆どみられない³⁾と述べている。これらのことから、ごぼうに含まれている種々の繊維が、タンパク質の消化率の低下に関係していると考えられる。

タンパク質が未消化のまま排泄されるということは、体内での分解酵素の活動が抑制されているか、繊維とタンパク質が結合して、消化吸収されずに排泄されたと思われる。Braundらは、酸性多糖類がトリプシンやキモトリプシンの活動を抑制する作用がある⁴⁾と述べている。また、酸性多糖類の中には、タンパク質と容易に結合する作用を持っている⁵⁾ものもある。5%、10%ごぼう(3群・5群)を比較すると、繊維含有量の多い方が消化率は低下し、著しく有意差が認められた。精製したセルロースパウダーは、タンパク質の消化吸収に影響がないことから、ごぼうに含まれる種々の繊維の分析を行い、タンパク質の消化吸収に影響

を及ぼしている繊維は何かを、追求していきたいと思う。

今回の実験では、本実験を2週間として、1週ずつの糞の窒素量を測定し消化率を算出した。その結果、無繊維（1群）以外の各群は、2週目の消化率が1週目に比べ低下した。その中で、10%ごぼう（5群）以外の群では、有意差が認められた。食物繊維を摂取することにより、タンパク質のみかけの消化率は低下するという結果を得たが、食物繊維を長期間にわたって摂取することにより、タンパク質のみかけの消化率を低下させる傾向があると推測できる。今回は、食物繊維の種類と摂取量による比較を行ったが、期間を長くすることにより、どの様に消化率に影響がでるのか、今後検討していきたい。

要 約

食物繊維が、他の栄養素の消化を妨げるという作用に着目し、食物繊維の種類や摂取量によるタンパク質の消化吸収への影響を調べた。結果は次の通りである。

- 1) 精製したセルロースパウダーは、殆ど影響を及ぼさなかった。
- 2) ごぼうの繊維を、多く摂取するほど消化率は低下した。
- 3) ごぼうに含まれる種々の繊維の分析を行い、タンパク質の消化吸収に影響を及ぼしている繊維は何かを追求し、また、食物繊維を長期間に渡って摂取すると、どの様に消化率に影響を及ぼすか、今後検討していきたい。

本実験に御協力頂きました江藤圭子、春日麗子、加庭桂子、神戸香の諸氏に感謝致します。

文 献

- 1) 藤原勝子：Vegita 10、誠文堂新光社、77（1988）
- 2) P.J.Van. SOEST and R.H.WINE：Journal of the A・O・A・C, 50, 1, 50（1967）
- 3) 印南敏、桐山修八編：食物繊維、第一出版株式会社、42、80（1982）
- 4) Anna-Elisabeth, Harmuth-Hoene and Eckehard Schwerdtfeger,; Nutr Metab, 23, 399（1979）
- 5) 化学大辞典編集委員会編：化学大辞典 8、共立出版株式会社、352（1964）

平 野 千 鶴（本学助手補）

藤 森 直 江（本学専任講師）

菊 野 恵一郎（本 学 教 授）